



⑬ **BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND**



**DEUTSCHES
PATENT- UND
MARKENAMT**

⑫ **Patentschrift**
⑩ **DE 198 51 250 C 2**

⑤① Int. Cl.⁷:
B 22 C 7/02
B 22 F 3/11
B 22 C 9/04

②① Aktenzeichen: 198 51 250.3-24
②② Anmeldetag: 6. 11. 1998
②③ Offenlegungstag: 18. 5. 2000
②④ Veröffentlichungstag
der Patenterteilung: 11. 7. 2002

Innerhalb von 3 Monaten nach Veröffentlichung der Erteilung kann Einspruch erhoben werden

⑦③ **Patentinhaber:**
IP & P Innovative Produkte und Prozesse GmbH,
52064 Aachen, DE

⑦④ **Vertreter:**
Jostarndt Thul Patentanwälte, 52074 Aachen

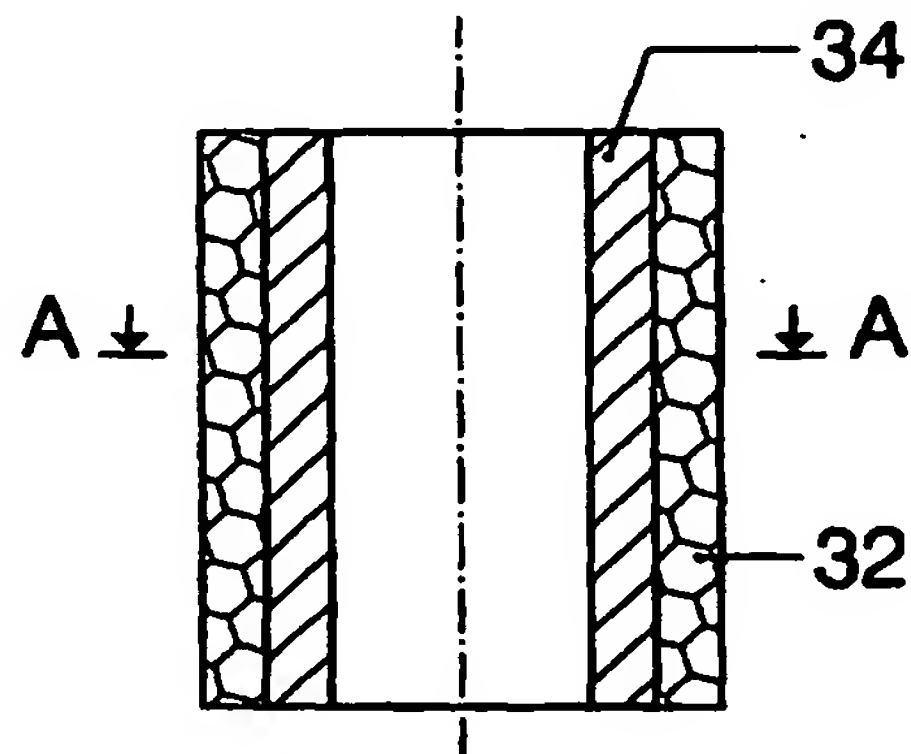
⑦② **Erfinder:**
Stoyanov, Peio, Dr., 52066 Aachen, DE;
Müller-Späth, Hauke, 52064 Aachen, DE; Sahm,
Peter R., Prof., 52072 Aachen, DE; Wagner, Ingo,
52064 Aachen, DE

⑤⑤ Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht
gezogene Druckschriften:

DE 44 01 475 C1
DE 41 06 971 C1
DE 196 13 098 A1
DE 43 15 836 A1
DE 37 11 178 A1
DE 36 24 362 A1
DE 36 10 497 A1
DE 30 26 720 A1
DE 28 43 316 A1
DE 90 11 363 U1

⑤④ Verfahren zum Herstellen offenporiger, metallischer Gitterstrukturen und Verbundgussteile sowie Verwendung derselben

⑤⑦ Verfahren zum Herstellen eines Verbundgussteils mit wenigstens einer massiven Metallwand und wenigstens einer damit fest verbundenen offenporigen Struktur umfassen die
(a) Herstellung eines Modells für die massive Bauteilkomponente durch Wachsspritzen, Styropor oder anderen geeigneten Materialien,
(b) Herstellung des Positivmodells unter Verwendung eines beschichteten Kunststoffschwammes,
(c) Verkleben der Modelle und Einbetten in eine Form,
(d) Erhitzen und Abgießen der Form.



DE 198 51 250 C 2

DE 198 51 250 C 2

BEST AVAILABLE COPY

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Herstellen eines Verbund- oder Gradientengussteils mit wenigstens teilweise netzartigen, porösen Metallgefüge, gemäß dem Oberbegriff des Anspruchs 1. Die Erfindung betrifft ferner Anwendungen derartiger Verbundgussteile.

[0002] Dreidimensionale, wenigstens teilweise netzartige, poröse Metallgefüge, wie beispielsweise offenporige, metallische Gitterstrukturen oder Metallschäume bzw. Metallschwämme sind aus der DE 28 43 316 A1 bekannt. Derartige Metallschäume gewinnen zunehmend an Bedeutung, wobei man zwischen offenporigen und geschlossenen Schäumen unterscheidet.

[0003] Aus DE 41 06 971 C1 ist bekannt, dass die offenporige Gitterstruktur derart ausgelegt werden kann, dass auf einem Basismodell einzelne Partikel in Form eines kugelförmigen Grundkörpers, von dem aus auf der Oberfläche strahlenförmig und gleichmäßig verteilt sechs Zapfen angeordnet sind, angebracht sind.

[0004] Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein technisch einfaches und ökonomisches Verfahren zur Herstellung eines Verbundgussteils mit einer offenporigen Gitterstruktur bereitzustellen.

[0005] Diese Aufgabe wird durch ein Verfahren der o. g. Art mit den in Anspruch 1 angegebenen Verfahrensschritten gelöst. Vorteilhafte Ausgestaltungen der Erfindung sind in den weiteren Ansprüchen beschrieben. Erfindungsgemäße Anwendungen sind in den Ansprüchen 27 bis 35 wiedergegeben.

[0006] Erfindungsgemäß ist es bei dem Verfahren der o. g. Art vorgesehen, dass das herzustellende Metallgefüge ein Verbundgussteil oder Gradientengussteil mit wenigstens einer massiven Metallwand und wenigstens einer damit fest verbundenen offenporigen Struktur, wobei der Herstellungsprozess folgende Schritte umfasst:

- (a) Herstellung eines Modells für die massive Bauteilkomponente durch Wachsspritzen, Styropor oder anderen geeigneten Materialien,
- (b) Herstellung des Positivmodells unter Verwendung eines beschichteten Kunststoffschwammes,
- (c) Verkleben der Modelle und Einbetten in eine Form,
- (d) Erhitzen und Abgießen der Form

[0007] Das Vergießen eines beliebigen Metalls in die Form erfolgt vorzugsweise mit Vakuumunterstützung. In einer besonders bevorzugten Ausführungsform besteht der dreidimensionale offenporige Werkstoff aus einem organischen oder anorganischen, brennbaren Material (Kunststoff oder Styropor).

[0008] Zweckmäßigerweise werden innerhalb des Metallgefüges die Strukturparameter, wie Porenvolumen, Massenanteil und Zellgröße, wenigstens in einer Richtung in vorbestimmter Weise ausgebildet.

[0009] Zur Stabilisierung des Positivmodells wird dieses mit Wachs oder einem anderen, nicht wasserlöslichen Werkstoff beschichtet. Hierzu wird beispielsweise das Positivmodell in ein dünnflüssiges Wachsbad oder ein anderes Bad mit nicht wasserlöslichen Medium getaucht.

[0010] Zum Erzielen einer stabilen Benetzung zwischen offenporigem Material und flüssigem Wachs hat das Positivmodell vor der Entnahme aus dem Wachsbad die gleiche Temperatur wie das Wachsbad, wobei optional nach der Entnahme aus dem Wachsbad der offenporige Werkstoff mit warmer Druckluft oder ähnlichem beaufschlagt wird.

[0011] Um die Zellstruktur zu stabilisieren und einen weiteren Schichtaufbau zur Einstellung der Zellgrößenquer-

schnitte zu gewährleisten, wird in besonders vorteilhafter Weise das Positivmodell getrocknet und mit Lack oder ähnlichen Hilfsstoffen, die nicht vom Wachs angegriffen werden sowie nach der Trocknung nicht wasserlöslich sind, beschichtet.

[0012] In einer besonders vorteilhaften Weiterbildung des Verfahrens wird der offenporige Werkstoff nach der Lackbeschichtung erneut mit Wachs beschichtet. Insbesondere ist es hier vorteilhaft, diesen Vorgang der abwechselnden Beschichtung mit Lack und Wachs zu wiederholen.

[0013] Zweckmäßigerweise werden Komponenten eines Eingussystems durch Wachsspritzen hergestellt und anschließend mit nicht wasserlöslichen Substanzen verklebt.

[0014] In einer besonders vorteilhaften Weiterbildung des Verfahrens wird das Positivmodell durch Umhüllung des wechselseitig mit Wachs und Lack beschichteten Positivmodells in einem Prozessschritt mit einer für Gießzwecke geeigneten Einbettmasse hergestellt. Zweckmäßigerweise ist das Positivmodell gemäß einer Feingießtechnik aufgebaut.

[0015] Zum Entlüften des Füllmaterials wird in besonders vorteilhafter Weise das Umhüllungsmaterial vor dem Hinterfüllen der Struktur für eine vorbestimmte Zeit unter Vakuum gesetzt und nach dem Formaufbau wird noch einmal Vakuum gezogen.

[0016] Zweckmäßigerweise sind alle massiven und porösen Teile derart zusammen verbunden, dass alle Stäbchen an offenporigen Gitterstrukturen von inneren und von äußeren Seiten guten Kontakt mit den massiven/dichten Teilen haben. Die Vorstruktur ist dabei beispielsweise aus wenigstens einer äußeren Seite, wie einem dichten zylindrischen Teil, und einer inneren Seite aus einer offenporigen Gitterstruktur gefertigt oder umgekehrt, wobei innen ein dichter Zylinder und außen eine offenporige metallische Gitterstruktur ausgebildet wird.

[0017] Zweckmäßigerweise hat die Vorstruktur bzw. das Positivmodell eine beliebige Form, die von der inneren, der äußeren oder auch von beiden Seiten einen Wechsel von dichtem zu offenporigem Werkstoff oder umgekehrt aufweist.

[0018] Das Positivmodell wird beispielsweise aus Verbindungen massiver oder dichter Platten oder anderer Körper zu offenporigen Strukturen und nochmals massiven Körpern und offenporigen Strukturen insbesondere mit Mehrfachverbund gefertigt.

[0019] Zweckmäßigerweise wird ein Eingießsystem und eine Umhüllung aufgebaut und das Metallgefüge in einem Gießschritt hergestellt.

[0020] In einer besonders vorteilhaften Weitergestaltung der Erfindung wird das Positivmodell bis zum Aushärten eines Einbettmaterials unter Vakuum gehalten.

[0021] Ein besonders effektives Herstellungsverfahren mit guten Resultaten erzielt man dadurch, dass das Metallgefüge in einen dünnflüssigen Schlicker, der bei Temperaturen über 1000°C stabil ist, getaucht, mit Luft geblasen und getrocknet wird.

[0022] Alternativ wird die Positivform gebrannt und bei einer optimalen Formtemperatur mit einer Metallschmelze gefüllt.

[0023] Zweckmäßigerweise wird beim Gießen das Positivmodell unter Vakuum gesetzt.

[0024] Zum weiteren Verbessern des Gießergebnisses wird nach dem Füllen des Positivmodells mit flüssigem Metall der Druck auf den Metallspiegel bzw. das Eingussystem erhöht und für eine vorbestimmte Zeit aufrechterhalten.

[0025] Beispielsweise erfolgt als Gießverfahren ein Niederdruck-, Gegendruck-, Vakuumgießen sowie Schleuder- und/oder Druckguss.

[0026] Zum Reinigen nach dem Gießprozess wird das Gussteil nach dem Gießen und Erstarren mit einem druckbeaufschlagten, pulsierenden Wasserstrahl oder anderen Reinigungsverfahren beaufschlagt, um eine Einbettmasse zu entfernen. Hierbei erfolgt die Entfernung der Einbettmasse beispielsweise durch Reinigung des Bauteils mittels Ultraschall, mit konstanter oder modellierter Frequenz, mittels chemischer Lösungsmittel, mittels einer Vibrationstechnik, mittels Vakuumschock oder mittels Spülen mit einem Druckbeaufschlagten Wasserstrahl. Hierbei ist es beispielsweise besonders zweckmäßig, nach der Reinigung durch Wasserstrahlung und Trocknung das Gussteil mit noch restanhaltender Einbettmasse unter ein sich plötzlich aufbauendes Vakuum zu setzen (Vakuumschock).

[0027] Zweckmäßigerweise wird als Gießverfahren ein Schleudergießverfahren verwendet. In besonders vorteilhafter Weise steht eine Gießkammer während des Gießens unter Vakuum.

[0028] Ein dreidimensionales, wenigstens teilweise netzwerkartiges, poröses Metallgefüge, welches insbesondere mit dem oben beschriebenen Verfahren und/oder mit der oben beschriebenen Vorrichtung hergestellt ist, findet erfindungsgemäß Verwendung als Stabilisator in einem Fluidtank, beispielsweise in einem Kraftstofftank eines Rennwagens, einem Flüssigtank eines Tankwagens oder einem Flüssigtank eines Schiffes; als Gradiententool und/oder Funktionselement bei der Herstellung lokal verstärkter Bauteile, wie beispielsweise Kolben für Verbrennungsmotore, Lagerbuchsen in Getriebegehäusen oder Zylinderlaufbuchsen; in einem Werkstoffverbund mit wenigstens einem Kunststoff; als Energieabsorber, insbesondere in einer B-Säule einer Kraftfahrzeugkarosserie oder einem Absorber in einem Fahrwerksbereich eines Kraftfahrzeuges; als Mischer für Fluide, insbesondere Flüssigkeiten; als Filterelement; als Kühlelement und/oder zur Erstarrungslenkung bei Gießprozessen; als Verbindungselement bei einem Gradientengießen; als Matrix für eine Schalentechnik; als Wärmeträger, beispielsweise in der Heiz- und Kühltechnik; sowie als Schallabsorber.

[0029] Die Erfindung wird im folgenden anhand der Zeichnung näher erläutert. Diese zeigt in:

[0030] Fig. 1 eine erste bevorzugte Ausführungsform eines erfindungsgemäß hergestellten Metallgefüges in Schnittansicht,

[0031] Fig. 2 in einer Schnittansicht entlang Linie A-A von Fig. 3,

[0032] Fig. 3 eine zweite bevorzugte Ausführungsform eines erfindungsgemäß hergestellten Metallgefüges in Schnittansicht,

[0033] Fig. 4 in einer Schnittansicht entlang Linie B-B von Fig. 5,

[0034] Fig. 5 eine dritte bevorzugte Ausführungsform eines erfindungsgemäß hergestellten Metallgefüges in Schnittansicht,

[0035] Fig. 6 in Schnittansicht entlang Linie C-C von Fig. 7,

[0036] Fig. 7 eine vierte bevorzugte Ausführungsform eines erfindungsgemäß hergestellten Metallgefüges in Draufsicht,

[0037] Fig. 8 eine fünfte bevorzugte Ausführungsform eines erfindungsgemäß hergestellten Metallgefüges in schematischer perspektivischer Ansicht,

[0038] Fig. 9 eine sechste bevorzugte Ausführungsform eines erfindungsgemäß hergestellten Metallgefüges in schematischer perspektivischer Ansicht,

[0039] Fig. 10 eine siebte bevorzugte Ausführungsform eines erfindungsgemäß hergestellten Metallgefüges in schematischer perspektivischer Ansicht,

[0040] Fig. 11 eine achte bevorzugte Ausführungsform eines erfindungsgemäß hergestellten Metallgefüges in schematischer perspektivischer Darstellung,

[0041] Fig. 12 eine bevorzugte Anwendung eines erfindungsgemäß hergestellten Metallgefüges als Flüssigkeitsmischer in einer Schnittansicht,

[0042] Fig. 13 in einer Schnittansicht entlang Linie D-D von Fig. 14,

[0043] Fig. 14 eine weitere bevorzugte erfindungsgemäße Anwendung eines erfindungsgemäß hergestellten Metallgefüges in einem Fluidtank und

[0044] Fig. 15 eine weitere bevorzugte Anwendung eines erfindungsgemäß hergestellten Metallgefüges in einem Fluidtank.

[0045] Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur gießtechnischen Abbildung offenporiger zellulärer metallischer Materialien und Werkstoffverbunde sowie deren Anwendung, wobei die erfindungsgemäß hergestellten Verbundgussteile beispielsweise sowohl offenporige zelluläre metallische Materialien, als auch massive metallische Bereiche aufweisen, die aus artgleichen oder anderen geeigneten Metallen und Metalllegierungen gefertigt sind. Die offenporigen Strukturen weisen unterschiedliche Volumenanteile und Porengröße auf. Die offenporigen Strukturen sind beispielsweise in gradierter Form ausgebildet, wobei sich die räumliche Gradierung auf den Volumenanteil und die einzustellende Zellgröße bezieht. Beide vorgenannten Gradierungsmöglichkeiten werden unabhängig voneinander oder in Kombination miteinander verwendet.

[0046] Die offenporigen Strukturen und Werkstoffverbunde werden als Halbzeug mit geometrisch einfachen Abmessungen oder auch in komplexen geometrischen Formen hergestellt, welche Bauteilcharakter haben. Die offenporigen Strukturen sind gekennzeichnet durch metallische Volumenanteile von 2-30% bzw. Porositäten von 70-98%.

[0047] Als metallische Materialien sind erfindungsgemäß alle gießtechnisch relevanten Metalle und Metalllegierungen geeignet. Für die erfindungsgemäßen Positivmodelle sind alle Materialien geeignet, die, wie bei Präzisionsgießverfahren üblich, durch Einwirkung von Temperatur aus der Negativform entfernt werden können.

[0048] Die erfindungsgemäßen Strukturen finden überall dort erfindungsgemäß Anwendung, wo ihre besonderen physikalischen, chemischen und mechanischen Eigenschaften Vorteile gegenüber anderen Materialien bzw. Materialkonzepten aufweisen oder die Anwendung erst ermöglichen. Ein Grundmaterial ist beispielsweise Kunststoffschaum, welcher in die gewünschte geometrische Form gebracht und in gießtechnischer Weise mit Modellteilen verbunden wird, die ein Einfließen von Schmelze in den späteren Formhohlraum und die Nachspeisung flüssigen Metalls in die erstarrenden Bereiche ermöglicht. Der Modellaufbau wird mit keramischer Masse umhüllt, die aus unterschiedlichen Materialien bestehen und in unterschiedlicher Weise angewendet werden. Der Modellaufbau wird beispielsweise in einem Prozessschritt mit einer in breiartigem Zustand verarbeitbaren keramischen Masse umhüllt. Die vollständige Infiltration der offenporigen Struktur mit Formmaterial kann während des Einfüllens und darüber hinaus bis zur Aushärtung des Formmaterials in der Vakuumkammer erfolgen. Die Umhüllung des Modellaufbaus ist alternativ, wie von der Feingießtechnik her bekannt, in mehreren Prozessschritten hergestellt. Das Modell wird in einen fließfähig aufbereiteten Keramikschlicker getaucht, nach Benetzung des Modells herausgezogen und ggf. mit keramischen Partikeln, wie z. B. "Sand" in Kontakt gebracht, die an der trocknenden Schlickerschicht anhaften. Während des Trocknens kann durch zusätzliche Einwirkung eines Gasstromes der

Einschluss von Gasblasen in die offenporige Schicht während des Tauchens vermieden werden. Der Vorgang wird zweckmäßigerweise so oft wiederholt, bis eine ausreichende Formwandstärke erreicht ist. Die vorgenannten Verfahrensvarianten zur Umhüllung des Modellaufbaus sind in bevorzugter Weise auch miteinander kombinierbar. Nach dem Trocknen der Form wird das positive Modell durch thermische Einwirkung aus der Negativform entfernt und die Festigkeit dieser Negativform durch geeignete Temperaturführung gleichzeitig oder in einem weiteren Prozess erhöht.

[0049] Zur Infiltration des Formhohlraumes mit flüssigem Metall oder Metalllegierungen sowie Kunststoffen wird die Form vorgeheizt. Die vollständige Infiltration des Formhohlraumes kann über verschiedene Verfahrensvarianten erfolgen.

[0050] Der erfindungsgemäße Gieß- bzw. Herstellungsprozess mit integrierten offenporigen Strukturen erfolgt erfindungsgemäß in einem oder in mehreren Schritten. Zunächst wird ein Halbzeug oder endkonturnahe Struktur aus einer offenporigen Struktur und massiven Strukturbereich aus artgleichem Metallwerkstoff in einem Prozessschritt gießtechnisch hergestellt. Alternativ wird das Halbzeug oder die endkonturnahe Struktur aus offenporiger Struktur und massivem Strukturbereich aus artfremdem Metallwerkstoff in zwei Prozessschritten hergestellt, wobei die offenporige Struktur in einem zweiten Prozessschritt beispielsweise mit einer anderen Metalllegierung infiltriert wird. In einer weiteren Alternative wird das Halbzeug oder die endkonturnahe Struktur, bestehend aus offenporiger Struktur, schmelzmetallurgisch mit einem massiven Bauteilbereich verbunden, wobei die offenporige Struktur derart in eine Gießform eingelegt wird, dass die offenporige Struktur nur in definierten Bereichen an die Schmelze einer anderen Metalllegierung angrenzt, dabei lokal aufgeschmolzen wird und beide Metalllegierungen nach der Erstarrung verbunden sind, also eine vollständige Anbindung der offenporigen Struktur in eine massive Struktur erfolgt ist. Optional werden die offenporige Struktur oder eine Kombination von offenporiger Struktur mit massiven Strukturbereichen in geeigneter Weise mit anderen Materialien infiltriert bzw. kombiniert.

[0051] Zur vollständigen Entfernung des Formstoffs werden verschiedene Verfahren angewendet. Bei einer hydro-mechanischen Entfernung wirkt ein Wasserstrahl ein. Ferner kommen chemische Lösungsmittel und Vibrationstechniken zur Anwendung. Zweckmäßig ist ebenfalls die Anwendung von Ultraschall mit geeigneter konstanter oder modulierter Frequenz vorgesehen. Auch eine Kombination der vorgenannten Verfahren in geeigneter Weise zur wirtschaftlichen Entfernung des Formstoffes wird erfindungsgemäß vorgeschlagen.

[0052] Nachfolgend werden unter Bezugnahme auf die Fig. 1-15 verschiedene erfindungsgemäße Anwendungen eines erfindungsgemäß hergestellten Metall- bzw. Metalllegierungsverbundes beschrieben.

[0053] Bei den bevorzugten Ausführungsformen eines erfindungsgemäßen Metallgefüges gemäß der Fig. 1-7 wird durch Infiltration ein lokal verstärktes Bauteil mit Multifunktionalität hergestellt. Ausführungsbeispiele sind Kolben für Verbrennungsmotoren, Lagerbuchsen in Getriebegehäusen, Zylinderlaufbuchsen und andere Bauteile, die unterschiedliche Eigenschaften vereint in einem Bauteil aufweisen sollen. Diese Eigenschaften werden durch unterschiedliche Materialien erzielt. So werden in einem erfindungsgemäßen Bauteil beispielsweise zwei oder mehr offenporige Strukturen mit unterschiedlichen Werkstoffen und einem Infiltrationswerkstoff mehrere Eigenschaften, d. h. mehrere Funktionen in einem Teil vereint. In besonders bevorzugter

Weise wird die offenporige Struktur mit einem Substrat beschichtet, wodurch eine Benetzung mit der metallischen Schmelze verbessert wird. Die offenporige Struktur wird beispielsweise mit bekannten Gießverfahren, wie Sandguss, Kokillenguß (Druckguss), Squeeze-Casting, Nieder-Gegendruckguss, Vakuumguss u. a.) sowie Feinguss infiltriert oder auch in besonderen Fällen umgossen.

[0054] Bei der Ausführungsform gemäß der Fig. 1 und 2 ist eine offenporige Gitterstruktur 32 um einen dichten Zylinder 34 herum ausgebildet. Bei der Ausführungsform gemäß Fig. 3 und 4 ist der dichte Zylinder 34 sowohl außen von einer offenporigen Gitterstruktur 32 umhüllt als auch innen mit einer offenporigen Gitterstruktur ausgefüllt.

[0055] Bei der bevorzugten Ausführungsform gemäß Fig. 5 und 6 ist der dichte Zylinder 34 lediglich in seinem Inneren mit der offenporigen Gitterstruktur 32 ausgefüllt.

[0056] Die Fig. 7 zeigt als besonders bevorzugtes Ausführungsbeispiel ein Zahnrad, welches im wesentlichen aus der offenporigen Gitterstruktur 32 hergestellt ist, wobei in den Zahnflankenbereichen, welche größere Flächenbelastungen aufnehmen müssen, eine andere Infiltrationslegierung verwendet ist als in den übrigen Bereichen.

[0057] Fig. 8-10 zeigen Ausführungsbeispiele für erfindungsgemäß hergestellte Metallgefüge mit flächenhaftem Charakter. Hierbei ist eine dichte Platte 36 auf unterschiedliche Weise mit einer offenporigen Gitterstruktur 38 kombiniert. Gemäß Fig. 8 ist die dichte Platte sandwichartig zwischen zwei Schichten der offenporigen Gitterstruktur 38 eingeschlossen. Gemäß Fig. 9 ist auf der dichten Platte 36 eine Schicht aus der offenporigen Gitterstruktur 38 aufgebracht. In der Ausführungsform gemäß Fig. 10 ist lediglich eine offenporige Gitterstruktur 38 vorgesehen. Bei der besonderen Ausführungsform gemäß Fig. 11 sind verschiedene offenporige Gitterstrukturen 40 und 42 mit unterschiedlicher Teildichte miteinander kombiniert. Zwischen zwei offenporigen Gitterstrukturen 40 mit einer Teildichte von 10 ppi (parts per inch) ist eine offenporige Gitterstruktur 42 mit einer Teilchendichte von 20 ppi (parts per inch) ausgebildet.

[0058] Fig. 12 und 13 zeigen eine weitere erfindungsgemäße Verwendung eines erfindungsgemäß hergestellten Metallgefüges als Mischer für Flüssigkeiten. Dieser Filter umfasst in einem dichten Zylinder 44 eine offenporige Gitterstruktur 46. Über entsprechende Zuführkanäle 48 werden beispielsweise drei Flüssigkeiten A, B und C dem erfindungsgemäßen Mischer zugeführt und durch die offenporige Gitterstruktur 46 miteinander homogen vermischt. Dies ist ein häufig auftretender Anwendungsbereich in der Lebensmittel- oder Chemieindustrie, wobei beliebig viele Flüssigkeiten, auch unterschiedlicher Viskosität, homogen zu vermischen sind. Dies wird mit der in Fig. 12 und 13 dargestellten erfindungsgemäßen Vorrichtung in besonders bevorzugter Weise erzielt. Weitere Anwendungsgebiete betreffen Fluid- oder Flüssigkeitstanks von beispielsweise Kraftfahrzeugen, Schiffen oder Tankfahrzeugen. Hierbei ergibt sich häufig das Problem, dass die in dem Tank enthaltene und transportierte Flüssigkeit mehr oder weniger frei hin und her schwappen kann. Dies kann sich negativ beispielsweise auf Fahreigenschaften eines Kraftfahrzeuges, Rennwagens oder Tankfahrzeuges auswirken. Um dieses Hin- und Herschwappen zu verhindern, wird erfindungsgemäß vorgeschlagen, in dem Tank, und diesen wenigstens teilweise ausfüllend, eine offenporige Gitterstruktur 50 vorzusehen, wie in den Fig. 14 und 15 dargestellt. Wie in Fig. 14 dargestellt, sind in einem Tank 52 zwei Trennwände aus der offenporigen Struktur 50 angeordnet. Erfindungsgemäß kann eine, zwei oder mehrere Trennwände 50 vorgesehen sein. Bei der Ausführungsform gemäß Fig. 15 ist der Tank

52 vollständig mit der offenporigen Struktur 50 ausgebildet, so dass sich das in dem Tank 52 befindliche Fluid bzw. die darin befindliche Flüssigkeit in den Hohlräumen der offenporigen Gitterstruktur verteilt.

[0059] Anwendungsbeispiele umfassen u. a. Flüssigkeitstransport in Rennwagen, Tankwagen und Schiffen mit jeweiligen Flüssigtanks. Die Anordnung gemäß der Fig. 14 und 15 stabilisiert somit ein derartiges Verkehrsmittel, da weniger Lastextreme und eine kontrollierte Gewichtsverlagerung gewährleistet sind. Im Bereich der Schifffahrt kann die Sicherheit bei starken Stürmen und der damit verbundenen Gefahr des Auslaufens gefährlicher Flüssigkeiten erheblich verbessert werden. Gleiches gilt für Tankwagen oder Tankwaggons beim Schienenverkehr.

[0060] Ein weiteres Anwendungsbeispiel betrifft einen Werkstoffverbund mit Kunststoffen. Kunststoffe haben im Vergleich zu Metallen geringere Festigkeitseigenschaften und eine geringere Lebensdauer. Der Metallschaum bzw. der Metallschwamm wird als Versteifungselement z. B. in Lagerschalen, Zahnrädern, Stoßfängern, Motorradhelmen, Sicherheitskleidung im Freizeit- und Arbeitsbereich und ähnlichem eingesetzt, indem der Metallschaum durch einen Kunststoff infiltriert wird oder auch als Trennwand zwischen zwei unterschiedlichen Kunststoffen eingesetzt ist. Auch eine Anwendung von Metallschäumen in allen bekannten Herstellungsverfahren in der Kunststoffbearbeitung wird erfindungsgemäß vorgeschlagen. In besonderen Fällen wird der Metallschaum mit einem Substrat beschichtet bzw. benetzt. Ein weiteres erfindungsgemäßes Anwendungsbeispiel für einen erfindungsgemäß hergestellten Metallschaum betrifft einen Energieabsorber. Metallschaum ist hierbei ein ideales Hilfsmittel zur Realisierung von Leichtbau in der Verkehrstechnik. Ein besonderer Vorteil von Metallschaum ist eine hohe Energieabsorption, so dass der erfindungsgemäß hergestellte Metallschaum in Fahrzeugen in der B-Säule oder als Absorber im Fahrwerksbereich einsetzbar ist. Dies erzielt eine Erhöhung der Sicherheit bei minimaler Gewichtszunahme.

[0061] Eine weitere alternative Anwendungsform betrifft einen Metallschaum als Filterelement aus einem vorbestimmten Werkstoff und prozessangepasster Struktur, beispielsweise in der Gießereitechnik zur Reinigung von Schmelzen. Bei der Überführung eines Gießmetalls aus einem Behälter in eine Form werden auch Verunreinigungen eingetragen. Die Aufgabe eines Filters ist das Zurückhalten von für die Gussqualität schädlichen Substanzen. Konventionell werden keramische Filter eingesetzt, die aber einerseits nicht sehr stabil sind und beispielsweise in einem Formstoffkreislauf Probleme bei der Wiederaufbereitung der Sande verursachen. Erfindungsgemäß wird ein Metallschaum aus einem metallischen Werkstoff mit beliebiger Form als Filter vorgeschlagen.

[0062] Eine Qualitätsverbesserung erzielt man in Gießereikonstruktionen durch die erfindungsgemäße Verwendung eines Metallschaums als Kühlmedium und zur Erstarrungslenkung zur Steuerung der Erstarrungsbedingungen sowie der Reduzierung der Erstarrungszeit. So wird beispielsweise der Metallschaum gezielt an Massenanhäufungen in Bauteilen eingesetzt, um die Erstarrungsbedingungen zu homogenisieren oder auch gezielt die Erstarrungsrichtung festzulegen.

[0063] Eine relativ neue Gießtechnik ist das Gradientengießen, bei dem zwei oder mehr metallische Schmelzen in bestimmter zeitlicher Reihenfolge in eine Form gegossen werden. Dabei entstehen Grenzflächen durch das Zusammenfließen unterschiedlicher Werkstoffe. Erfindungsgemäß wird vorgeschlagen, Metallschäume in die Form zu integrieren, so dass gradierte Bereiche, also die Breite des Über-

gangsbereiches, gezielt einstellbar ist. Des weiteren bewirkt der Metallschaum einen besseren Werkstoffverbund und optimiert somit die Bauteileigenschaften.

[0064] Beim sog. Thixogießen wird ein Ausgangsmaterial mittels induktiven Erwärmungsanlagen in dem teilflüssigen Zustand erwärmt. Dabei werden im Bereich der horizontalen Erwärmungsanlagen sog. Schalen eingesetzt, in die das Ausgangsmaterial eingelegt wird. Erfindungsgemäß wird vorgeschlagen, einen Metallschaum als Ausgangskörper für die Schalen zu verwenden und mit einer keramischen Masse oder anderen temperaturbeständigen Materialien zu infiltrieren und nachfolgend auszuhärten.

[0065] Im Bereich der Heiz- und Kühltechnik ist ein schneller Wärmetransport entscheidend. Erfindungsgemäß wird vorgeschlagen, einen Metallschaum bei Radiatoren oder Heizelementen einzusetzen. Dadurch erhöht sich die effektive Oberfläche und somit der Wirkungsgrad erheblich.

[0066] Ferner wird erfindungsgemäß vorgeschlagen, Metallschäume zur Schallreduzierung bzw. zur Schallabsorption, beispielsweise in der Verkehrstechnik, oder als Isolationswerkstoff im Motorraum eines Kraftfahrzeuges, oder zur Schallminimierung in Schienenfahrzeugen zu verwenden.

Patentansprüche

1. Verfahren zum Herstellen eines Verbundgussteils mit wenigstens einer massiven Metallwand und wenigstens einer damit fest verbundenen offenporigen Struktur umfassen die

- (a) Herstellung eines Modells für die massive Bauteilkomponente durch Wachsspritzen, Styropor oder anderen geeigneten Materialien,
- (b) Herstellung des Positivmodells unter Verwendung eines beschichteten Kunststoffschwammes,
- (c) Verkleben der Modelle und Einbetten in eine Form,
- (d) Erhitzen und Abgießen der Form.

2. Verfahren nach dem vorhergehenden Anspruch, dadurch gekennzeichnet, dass das Positivmodell mit Wachs oder anderem nicht wasserlöslichem Werkstoff beschichtet wird.

3. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das Positivmodell in ein, insbesondere dünnflüssiges, Wachsbad oder ein anderes nicht wasserlösliches Medium getaucht wird.

4. Verfahren nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, dass das Positivmodell vor der Entnahme aus dem Wachsbad die gleiche Temperatur wie das Wachsbad aufweist.

5. Verfahren nach einem der Ansprüche 3 oder 4, dadurch gekennzeichnet, dass nach der Entnahme aus dem Wachsbad der offenporige Werkstoff mit insbesondere warmer Druckluft oder ähnlichem beaufschlagt wird.

6. Verfahren nach einem der vorherigen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das Positivmodell getrocknet und mit Lack oder ähnlichen Hilfsstoffen, die nicht vom Wachs angegriffen werden sowie nach der Trocknung wasserunlöslich sind, beschichtet wird.

7. Verfahren nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, dass nach der Lackbeschichtung der offenporige Werkstoff wieder mit Wachs beschichtet wird.

8. Verfahren nach einem der vorherigen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die abwechselnde Beschichtung mit Lack und Wachs mehrmals erfolgt, wobei die letzte Schicht Lack oder ein ähnlicher Hilfsstoff ist.

9. Verfahren nach einem der vorherigen Ansprüche,

dadurch gekennzeichnet, dass innerhalb des Metallgefüges die Strukturparameter, wie Porenvolumen, Massenanteil, Zellgröße, wenigstens in eine Richtung in vorbestimmter Weise ausgebildet werden.

10. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Komponenten eines Eingusssystems durch Wachsspritzen hergestellt und anschließend mit wasserunlöslichen Substanzen verklebt werden.

11. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das Umhüllungsmaterial vor dem Hinterfüllen der Struktur eine vorbestimmte Zeit unter Vakuum steht und nach dem Formaufbau nochmals vakuumgezogen wird.

12. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass alle massiven und porösen Teile derart zusammen verbunden sind, dass die offenporige Gitterstrukturen von inneren oder von äußeren Seiten guten Kontakt mit den massiven und/oder dichten Teilen haben.

13. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das Metallgefüge aus wenigstens einer äußeren dichten Seite und einer inneren Seite aus einer offenporigen Gitterstruktur gefertigt ist oder umgekehrt, wobei innen ein dichter Zylinder und außen eine offenporige metallische Gitterstruktur ausgebildet wird.

14. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das Positivmodell eine beliebige Form aufweist, die von der inneren, der äußeren oder auch von beiden Seiten einen Wechsel von dichtem zu offenporigem Werkstoff oder auch umgekehrt aufweist.

15. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das Positivmodell aus Verbindungen massiver und/oder dichter Platten oder anderer Körper zu offenporigen Strukturen und nochmals massiven Körpern und offenporigen Strukturen, insbesondere mit Mehrfachverbund gefertigt wird.

16. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das Positivmodell bis zur Aushärtung eines Einbettmaterials unter Vakuum gehalten wird.

17. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das Modell in einen dünnflüssigen Schlicker, der bei Temperaturen über 1000°C stabil ist, getaucht, mit Druckluft geblasen und getrocknet wird.

18. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass beim Gießen des Positivmodells Vakuum eingesetzt wird.

19. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass nach dem Füllen der Form mit flüssigem Metall der Druck auf den Metallspiegel bzw. das Eingusssystem erhöht und für eine vorbestimmte Zeit aufrechterhalten wird.

20. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass als Gießverfahren ein Niederdruck-, Gegendruck-, Vakuumgießen sowie Schleuder- und/oder Druckguss verwendet wird.

21. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass nach dem Gießen und Erstarren des Gussteils eine Einbettmasse mit einem druckbeaufschlagten pulsierenden Wasserstrahl oder anderen Reinigungsverfahren entfernt wird.

22. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Entfernung

einer Einbettmasse und Reinigung des Bauteils mittels Ultraschall mit konstanter oder modellierter Frequenz erfolgt.

23. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Entfernung einer Einbettmasse mittels chemischer Lösungsmittel durchgeführt wird.

24. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Entfernung einer Einbettmasse mittels einer Vibrationstechnik durchgeführt wird.

25. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Entfernung einer Einbettmasse mittels Vakuumschock durchgeführt wird.

26. Verfahren nach einem der vorherigen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass nach der Vakuumbeaufschlagung das Teil mit einem druckbeaufschlagten Wasserstrahl gespült wird.

27. Verwendung des nach Anspruch 1–26 hergestellten Verbundgussteils als Stabilisator in einem Fluidtank, beispielsweise in einem Kraftstofftank eines Rennwagens, einem Flüssigtank eines Tankwagens oder einem Flüssigtank eines Schiffes.

28. Verwendung des nach Anspruch 1–26 hergestellten Verbundgussteils als Gradiententool und/oder Funktionselement bei der Herstellung lokal verstärkter Bauteile, wie beispielsweise Kolben für Verbrennungsmotoren, Lagerbuchsen in Getriebegehäusen oder Zylinderlaufbuchsen.

29. Verwendung des nach Anspruch 1–26 hergestellten Verbundgussteils als Teil in einem Werkstoffverbund mit wenigstens einem Kunststoff.

30. Verwendung des nach Anspruch 1–26 hergestellten Verbundgussteils als Energieabsorber, insbesondere in einer B-Säule einer Kraftfahrzeugkarosserie oder einem Absorber in einem Fahrwerksbereich eines Kraftfahrzeuges.

31. Verwendung des nach Anspruch 1–26 hergestellten Verbundgussteils als Filterelement.

32. Verwendung des nach Anspruch 1–26 hergestellten Verbundgussteils als Kühlelement und/oder zur Erstarrungslenkung bei Gießprozessen.

33. Verwendung des nach Anspruch 1–26 hergestellten Verbundgussteils als Verbindungselement bei einem Gradientengießen.

34. Verwendung des nach Anspruch 1–26 hergestellten Verbundgussteils als Matrix für eine Schalenteknik.

35. Verwendung des nach Anspruch 1–26 hergestellten Verbundgussteils als Wärmeträger, beispielsweise in der Heiz- und Kühltechnik.

Hierzu 4 Seite(n) Zeichnungen

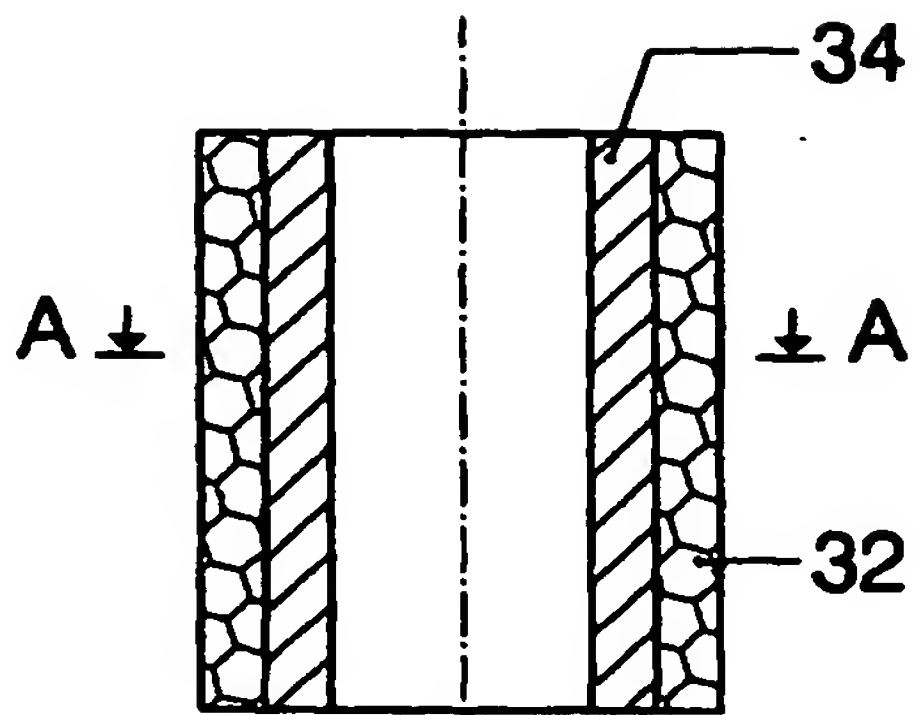


Fig. 1

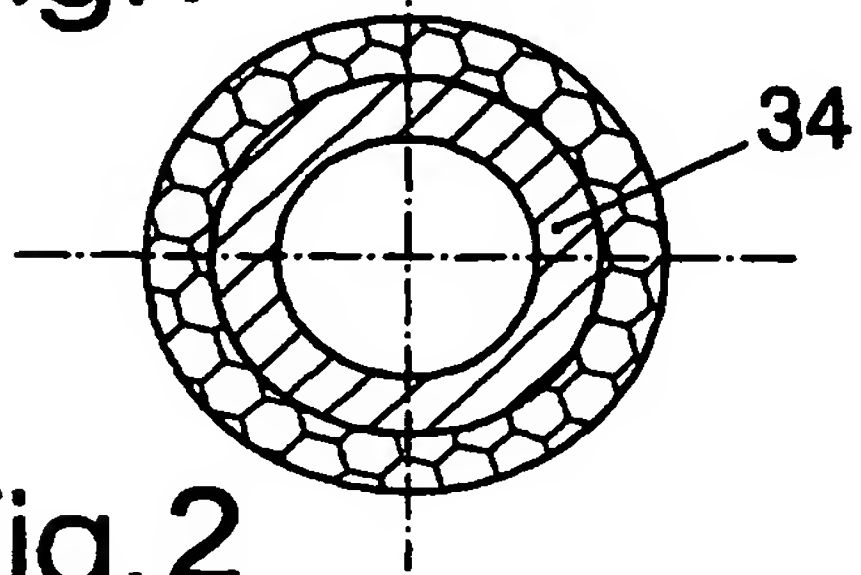


Fig. 2

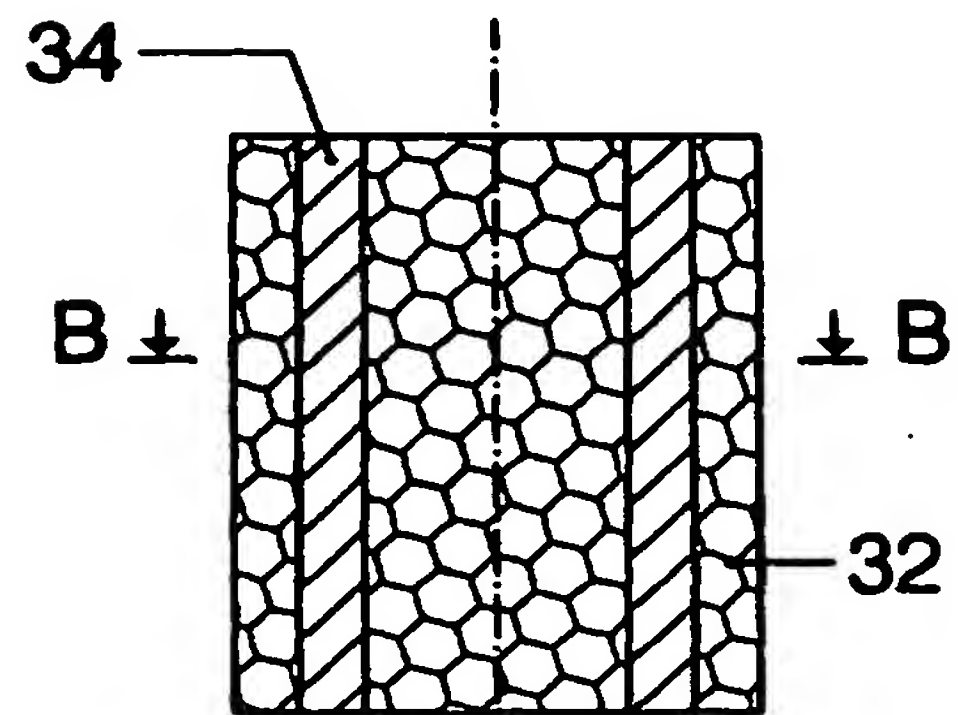


Fig. 3

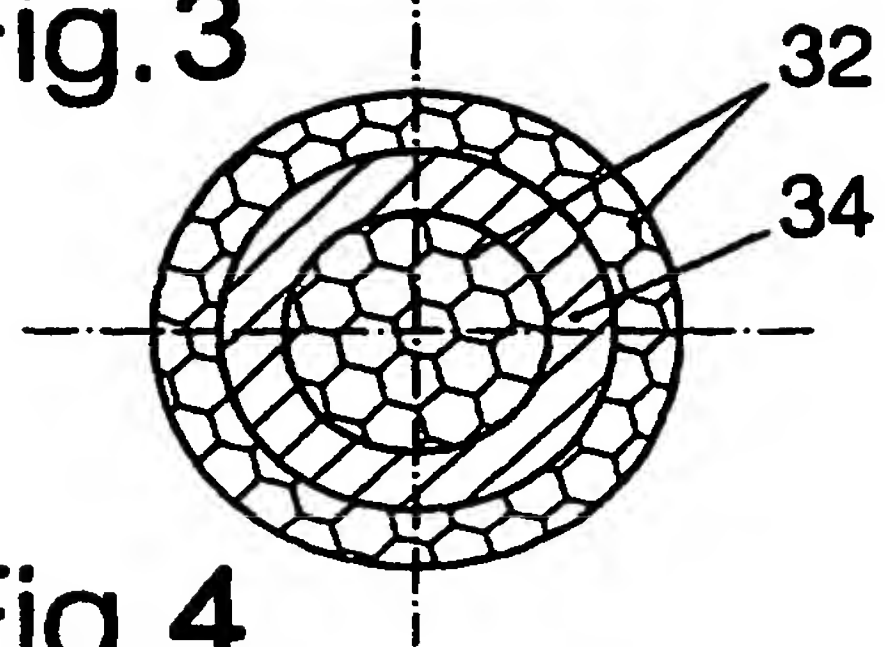


Fig. 4

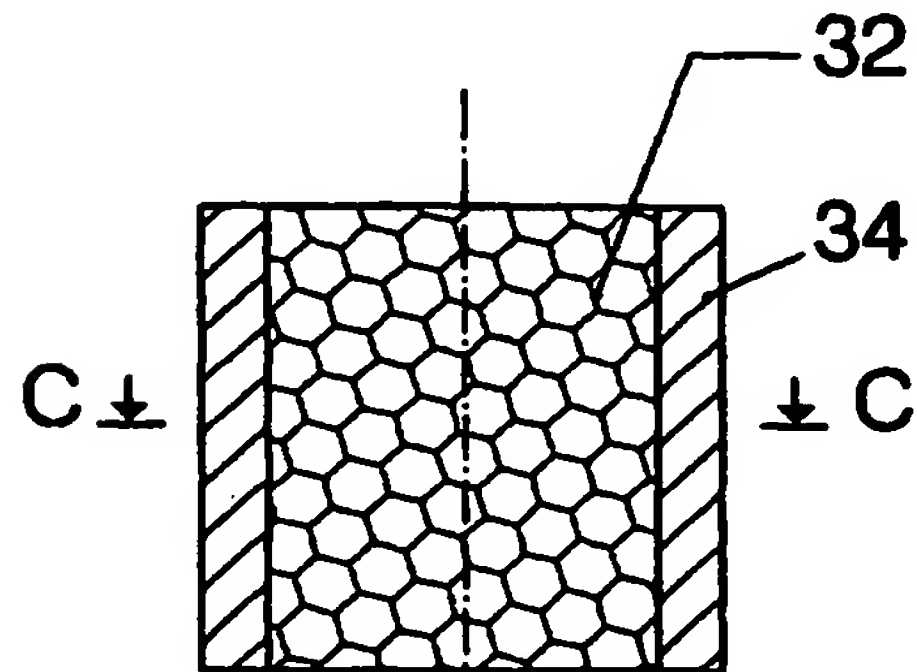


Fig. 5

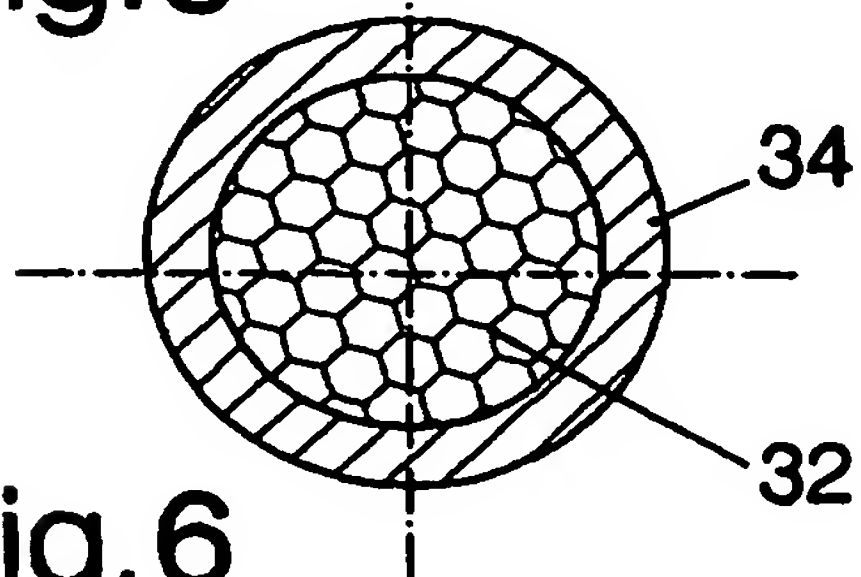


Fig. 6

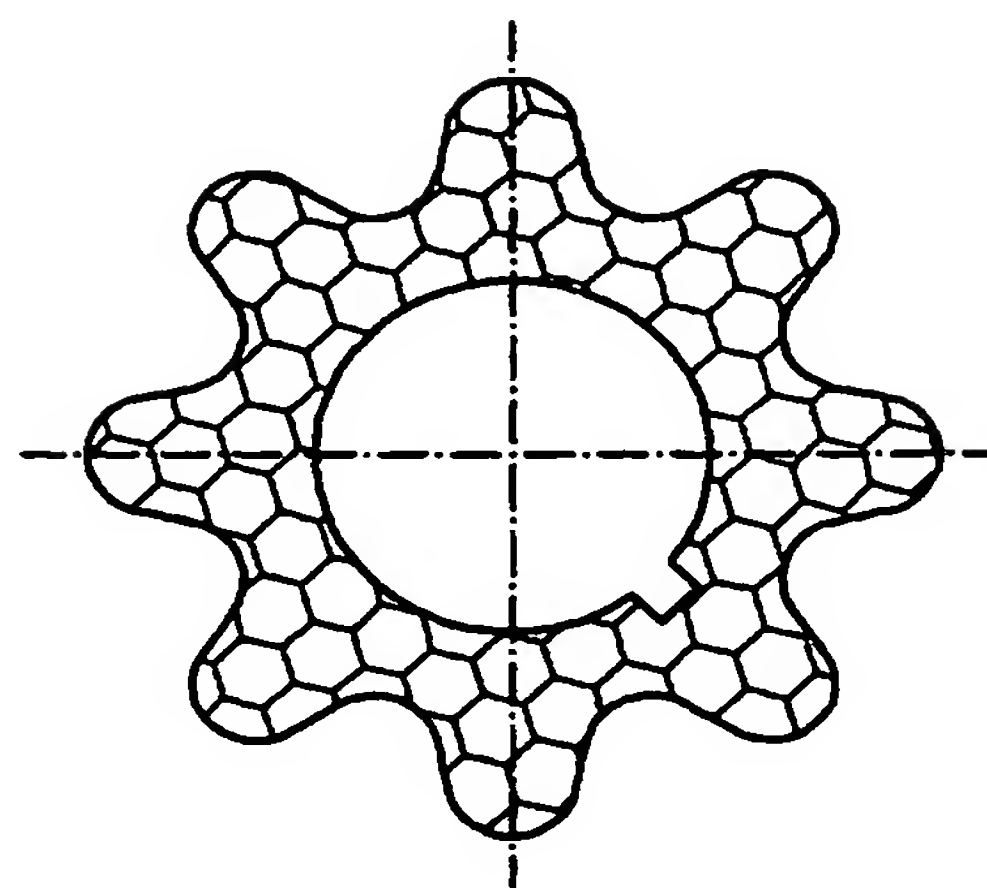


Fig. 7

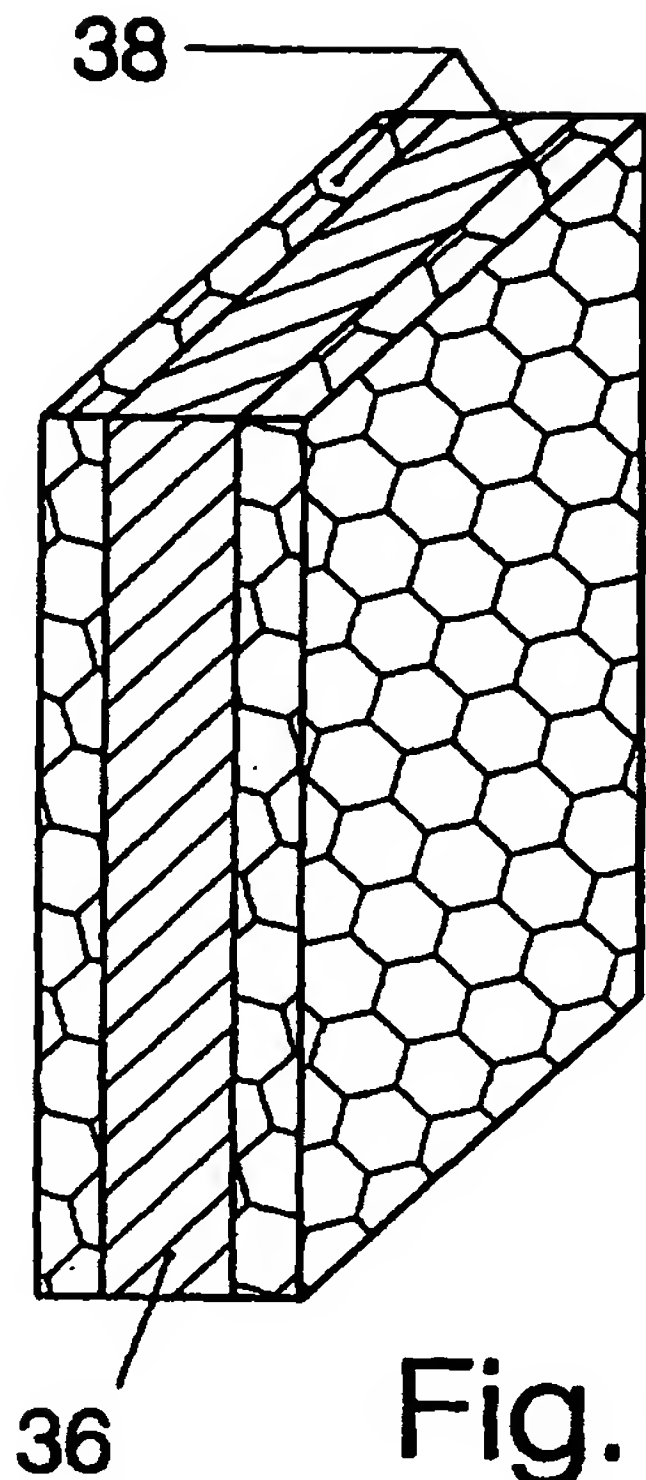


Fig. 8

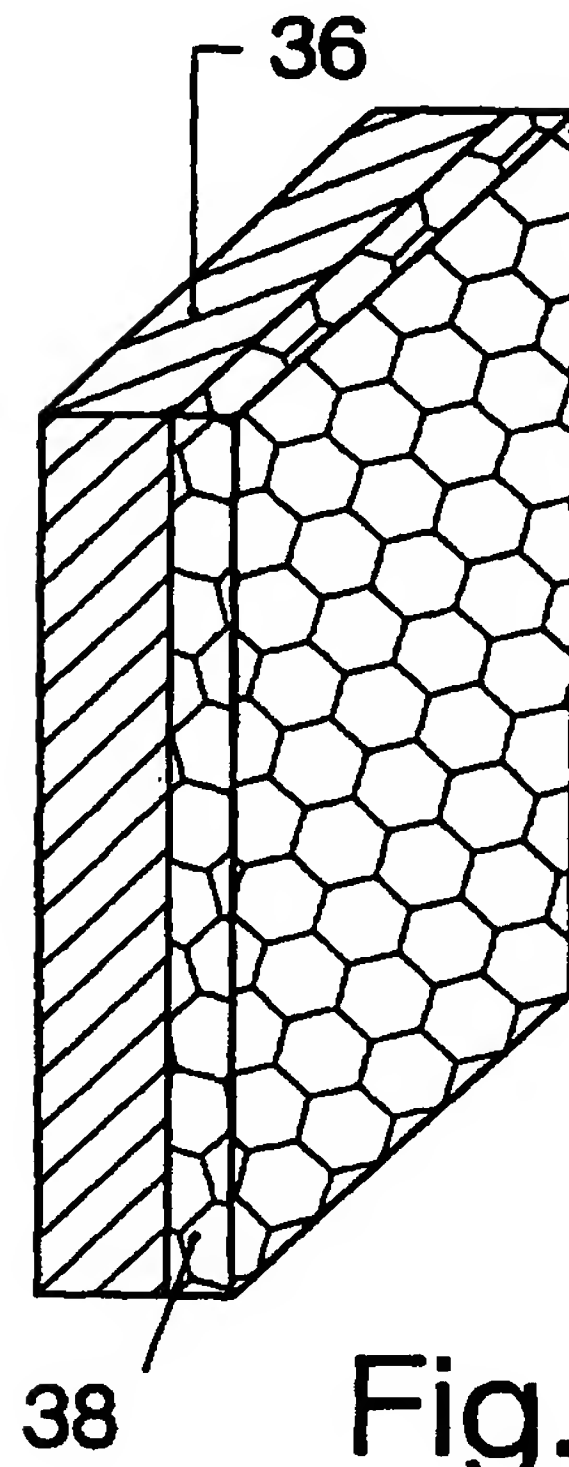


Fig. 9

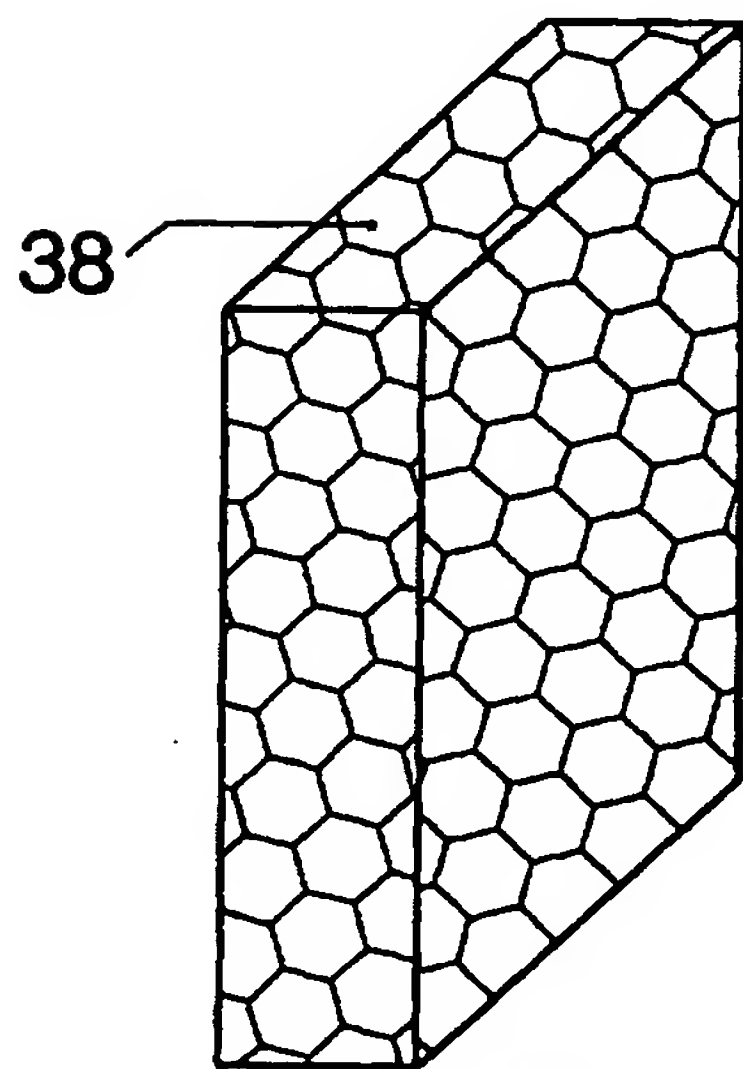


Fig. 10

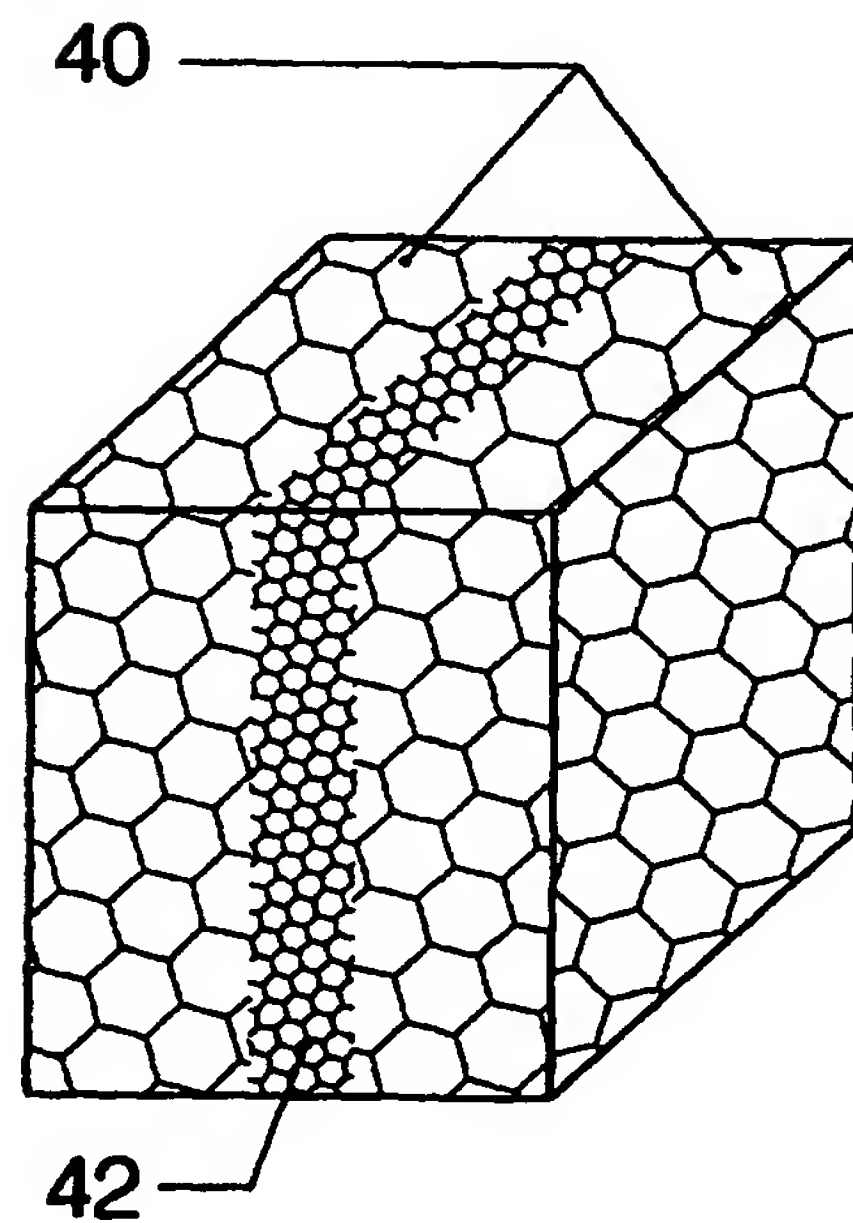


Fig. 11

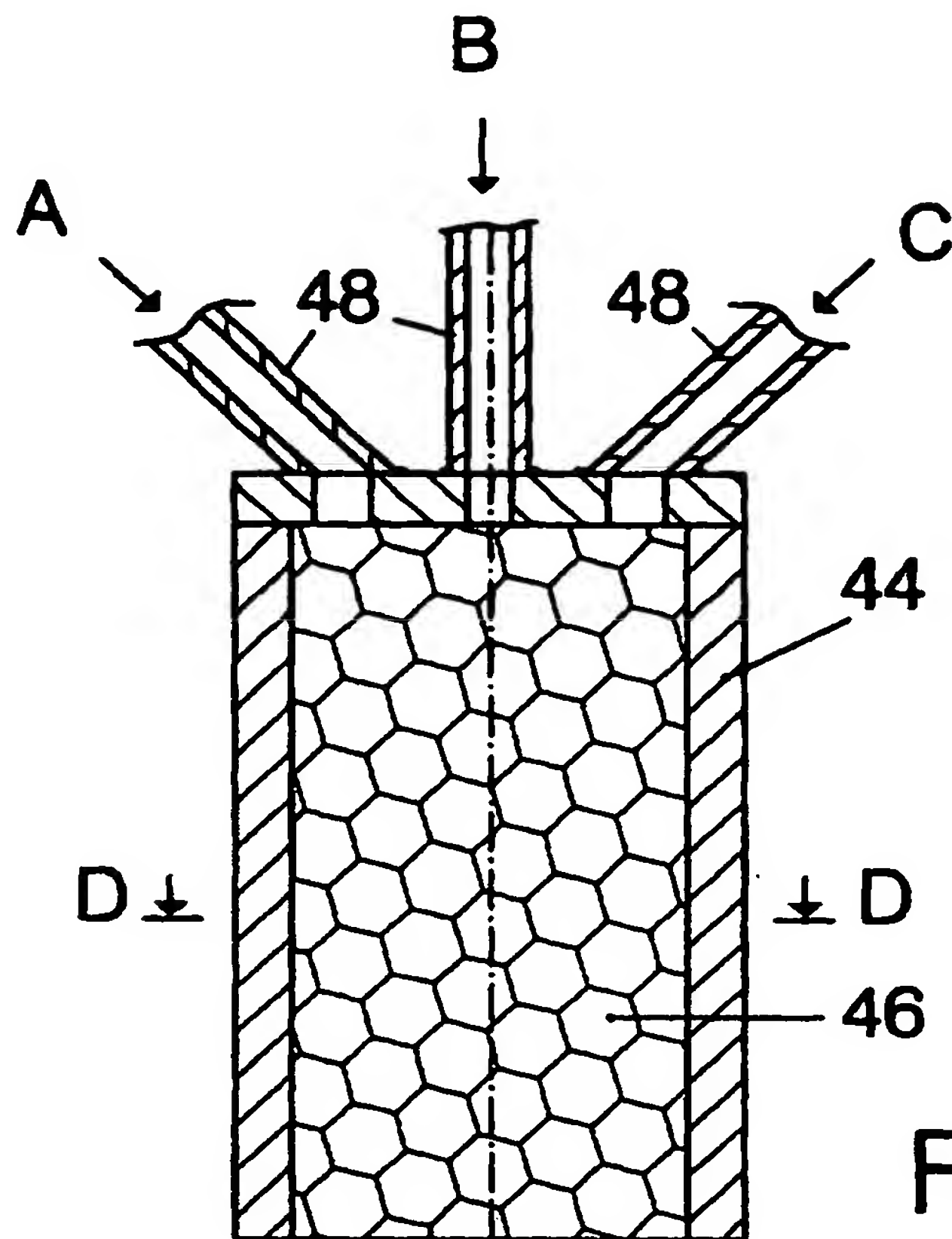


Fig.12

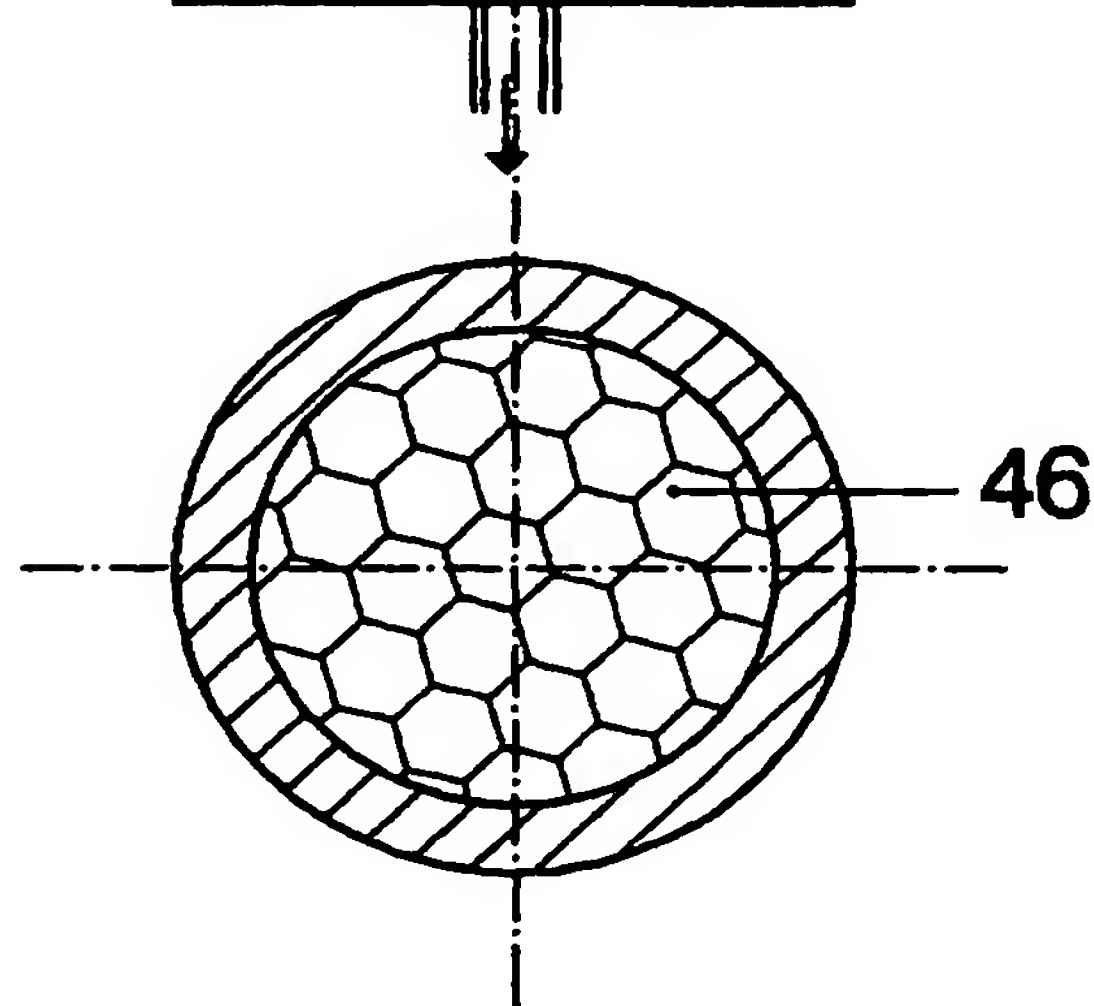


Fig.13

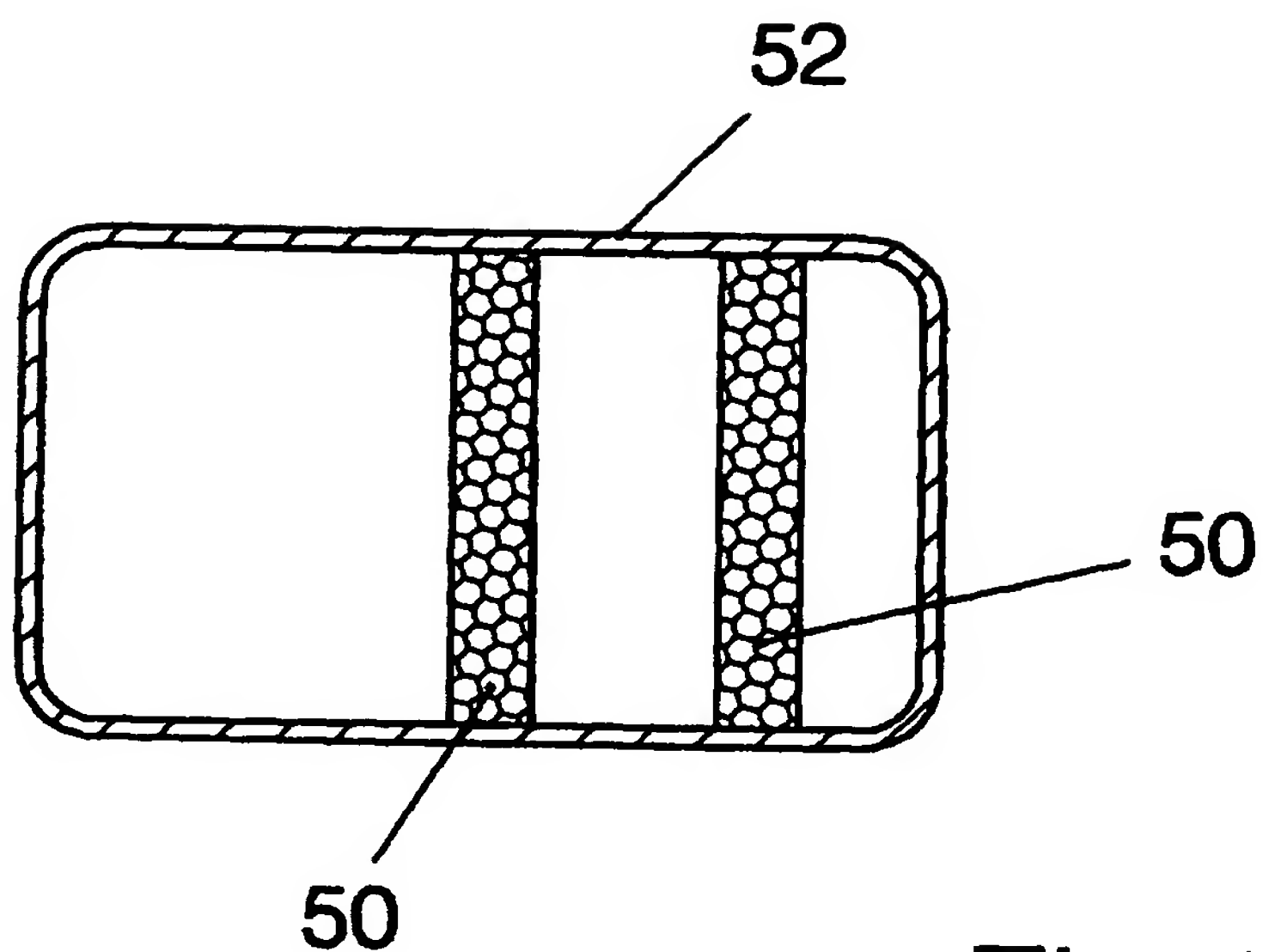


Fig. 14

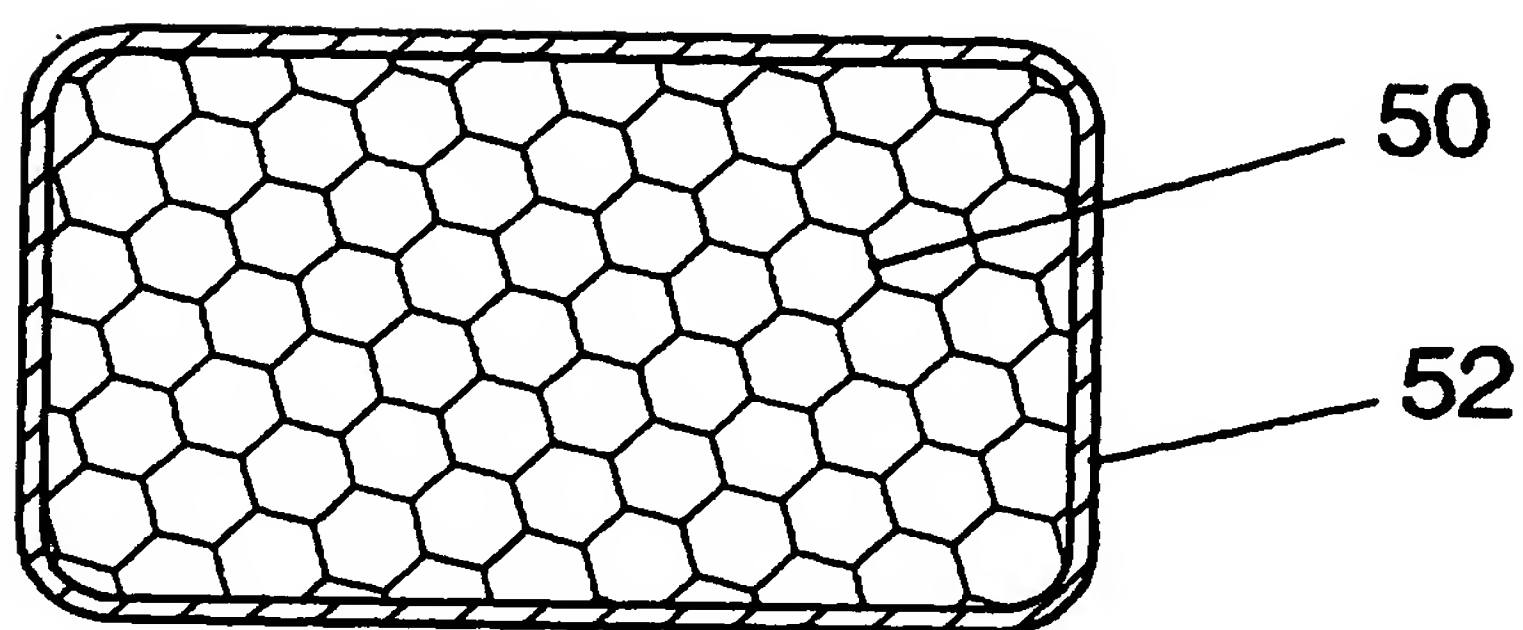
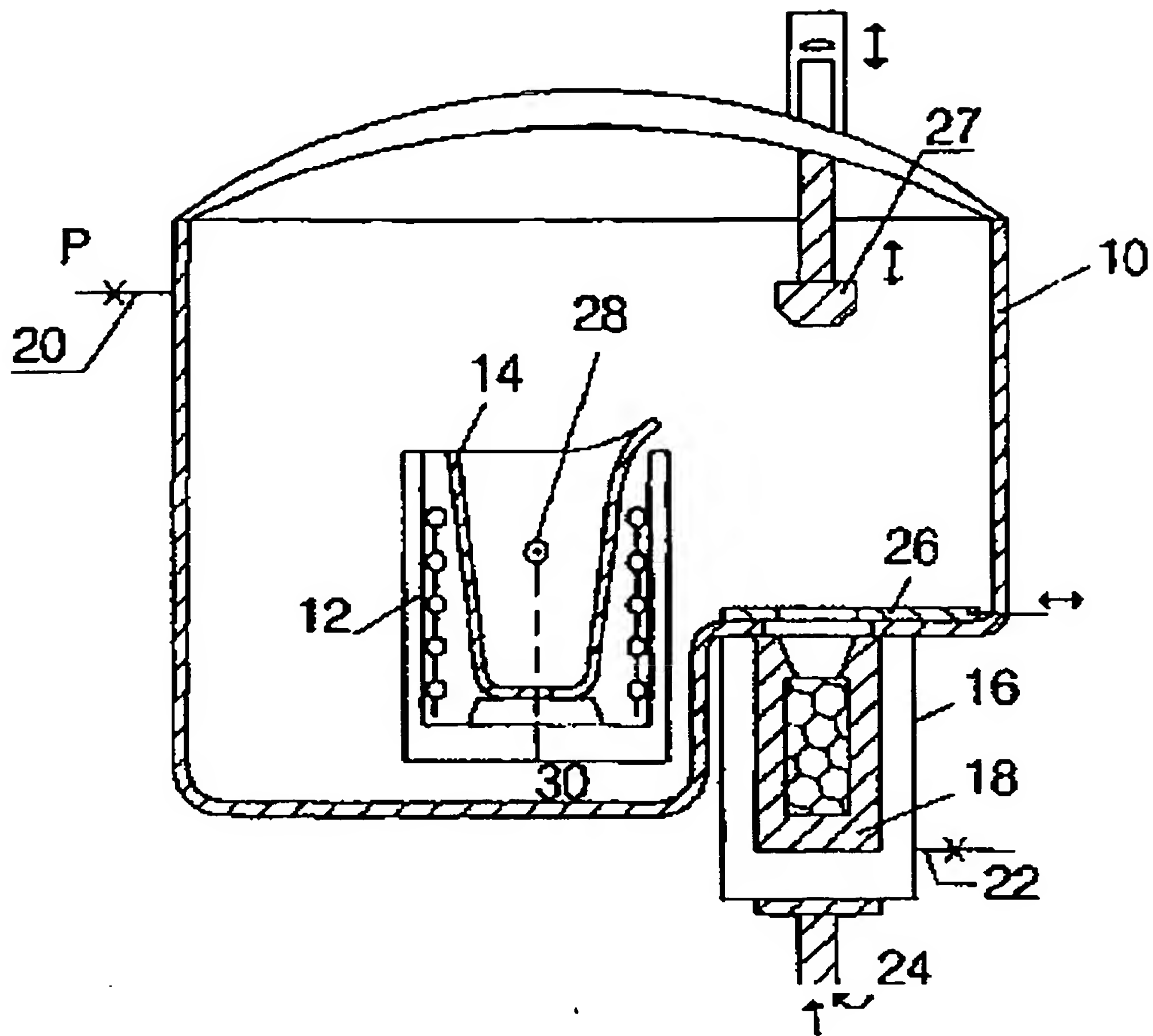


Fig. 15

AN: PAT 2000-413402
TI: Production of a three-dimensional partially networked porous metal structure comprises using a three-dimensional open-pored material as positive model
PN: DE19851250-A1
PD: 18.05.2000
AB: NOVELTY - Production of a three-dimensional partially networked porous metal structure, especially an open-pored metallic lattice structure or metal foam or sponge comprises using a three-dimensional open-pored material as positive model. DETAILED DESCRIPTION - An INDEPENDENT CLAIM is also included for an apparatus for producing the three-dimensional partially networked porous metal structure comprising a melting furnace (12) and a mold (18). The furnace and the mold are arranged into different containers (10, 16) or a common container.; USE - Used as a stabilizer for a fuel tank of a racing car, as gradient tool and/or functional element in the production of pistons for combustion engines, in a composite material with a plastic, as energy absorber in vehicle chassis or in the gear mechanism of a vehicle, as mixer for liquids, as filter element, as cooling element in casting processes, as connecting element in gradient casting, as heat carrier in heaters and coolers, and as sound absorber (all claimed). ADVANTAGE - A uniform structure can be produced. DESCRIPTION OF DRAWING(S) - The drawing shows a cross-sectional view of the apparatus for producing the three-dimensional partially networked porous metal structure. containers 10, 16 melting furnace 12 mold 18
PA: (GUTG-) GUT GIESSEREI UMWELT TECH GMBH;
(IPPI-) IP & P INNOVATIVE PROD & PROZESSE GMBH;
IN: MUELLER-SPAETH H; SAHM P R; STOYANOV P; WAGNER I;
FA: DE19851250-A1 18.05.2000; DE19861366-A1 13.10.2005;
DE19851250-C2 11.07.2002;
CO: DE;
IC: B22C-007/00; B22C-007/02; B22C-009/04; B22F-003/11;
C22C-001/08;
MC: A12-S01; A12-W12F; M22-C;
DC: A88; M22; P53;
FN: 2000413402.gif
PR: DE1051250 06.11.1998; DE1061366 06.11.1998;
FP: 18.05.2000
UP: 01.11.2005

THIS PAGE BLANK (USPTO)



THIS PAGE BLANK (USPTO)

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ **BLACK BORDERS**
- ☒ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- ☐ **FADED TEXT OR DRAWING**
- ☒ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- ☐ **SKEWED/SLANTED IMAGES**
- ☐ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- ☐ **GRAY SCALE DOCUMENTS**
- ☒ **LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- ☐ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- ☐ **OTHER:** _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.

THIS PAGE BLANK (USPTO,